Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Vorstand: Prof. Dr. Peckert

Untersuchungen über Vorgänge beim Durchbruch der bleibenden Zähne

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen
vorgelegt

von

Richard Huber, Zahnarzt
aus Kirchheim-Teck (Württ.)

Druck der Buchdruckerei Eugen Göbel in Tübingen
1932

Verlag von Franz Pietzcker, Tübingen

Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät Tübingen

—

Dekan: Prof. Dr. Haffner
Referent: Prof. Dr. Wannenmacher

Inhalt.

Seite

Vorwort 5

I. Theorien über die Ursachen des Zahndurchbruchs 6

II. Ursprung des resorbierenden Gewebes 10

III. Der Durchbruchsverlauf 15

IV. Die Resorptionsvorgänge 17

V. Röntgenologische Beobachtungen zum Zahndurchbruch 20

Zusammenfassung 25

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153309_0336

Vorwort.

Die Anschauungen über die beim Durchbruch der Zähne im Kiefer sich abspielenden Vorgänge sind in der Literatur durch eine sehr reichhaltige Musterkarte von Theorien belegt. Daraus kann man die sichere Schlußfolgerung ziehen, daß man von der eigentlichen Lösung des Problems noch weit entfernt ist.

Es ist zuzugeben, daß der so komplizierte Vorgang einer Ortsveränderung eines Gewebskomplexes innerhalb eines anderen, wie ihn der Durchbruch der Zähne im Kiefer darstellt, wohl in vielen Erscheinungsformen beobachtet werden kann, daß aber die Gesetze des Zusammenwirkens aller Faktoren, welche im Zusammenspiel an den ganzen Vorgängen beteiligt sind, und vor allem die inneren Ursachen nur spekulativ aus den Erscheinungsformen mit einem mehr oder weniger großen Grad von Wahrscheinlichkeit erschlossen werden können.

Das Ergebnis der Forschungen der verschiedenen Autoren, die sich mit der Frage der Dentition befaßten, ist wohl nicht zuletzt deshalb so verschieden, weil es notwendigerweise in hohem Maße von der Art der angewandten Untersuchungsmethoden und der Auswahl der Untersuchungsobjekte abhängig sein mußte.

Die meisten Autoren arbeiteten mit Präparaten von Hunden und Katzen, nur wenige mit solchen vom menschlichen Kiefer. Wenn ich auch nicht glaube, daß grundsätzliche Unterschiede bestehen zwischen den Dentitionsvorgängen bei Tier und Mensch, so werden doch kleinere Abweichungen immer gefunden werden können. Aber einen viel größeren Einfluß auf das Untersuchungsergebnis als die Art des Versuchsobjektes dürfte wohl die zeitlich alle Durchbruchsstadien erfassende Auswahl der zu untersuchenden Präparate haben. Und gerade daran fehlt es bei der Untersuchung der Präparate vom menschlichen Kiefer infolge der Schwierigkeit der Beschaffung von genügend reichlichem Material noch bis heute.

Sehr viele Autoren begnügten sich damit, ihre Theorien auf rein hypothetischer Grundlage aufzubauen.

I. Theorien über die Ursachen des Zahndurchbruchs.

Die Frage, die bei der Klärung der Vorgänge beim Durchbruch der bleibenden Zähne zunächst am meisten interessierte, war die nach der Herkunft der beim Durchbruch wirksamen Kräfte.

Die überwiegende Mehrzahl der Bearbeiter der Dentitionsfrage suchte nach mechanischen Kräften im Kiefer, die dergestalt auf den wachsenden Zahnkeim einwirken, daß dieser unter Beseitigung der im Wege stehenden Hindernisse aus dem Kiefer herausgeschoben wird. Das Ziel ihrer Forschung war, den Ursprung dieser Kräfte und deren Auswirkung im Rahmen des Gesamtvorgangs des Durchbruchs zu finden.

Der besseren Übersichtlichkeit halber empfiehlt es sich, an Stelle einer chronologischen Aufzählung der im Laufe der Zeit entstandenen Theorien eine nach sachlichen Gesichtspunkten aufgestellte, systematische Übersicht zu geben.

Man unterscheidet danach Theorien, nach denen die für den Durchbruch verantwortlichen Kräfte vom Zahnkeim selbst ausgehen, und in seinen wachsenden Teilen ihren Ursprung haben, von solchen, bei denen die Ursachen der Keimaustreibung außerhalb des Zahnkeims selbst in seiner näheren oder weiteren Umgebung zu suchen sind.

A. Vom Zahnkeim ausgehende Kräfte.

Der Zahnkeim macht gerade zur Zeit seines Durchbruchs einen großen Abschnitt seiner Entwicklung durch. Diese beginnt im Kronenteil des Zahnkeims. Die Krone besteht schon aus Hartsubstanz zu einem Zeitpunkt, in dem die darunter liegende Zahnpapille erst mit der Bildung des Wurzelteiles beginnt.

Die im Zahnkeim selbst erzeugten Kräfte können demnach entweder von der Hartsubstanz des wachsenden Zahnes, dem Wurzeldentin oder aber von der Weichsubstanz, der Papille, bzw. im späteren Stadium der Pulpa ausgehen.

a) Nach Ausbildung des Kronenteiles des Zahnkeimes wird durch die Tätigkeit der auf dem Gewebe der Zahnpapille durch Differenzierung entstandenen Odontoblasten Dentin angelagert.

Die Anhänger der ersten Theorie, die auch unter dem Namen „Wurzeldentin-Theorie" bekannt ist, nehmen nun an, daß durch die Anlagerung von Dentin am Wurzelteil des Zahnkeimes dieser gleichsam in die Höhe geschoben werde. Nach Calembrun-Mercure wird, „wenn die Zahn-

krone ganz ausgebildet und mit Schmelz bedeckt ist und nun die Wurzel durch ihre Verlängerung den Boden der Alveole erreicht hat, wo sie Widerstand findet", der Zahn durch sein eigenes Wachstum notwendigerweise gegen das Zahnfleisch nach oben gedrängt. Auch Wedel und neuerdings Port-Euler bekennen sich zu dieser Auffassung, die eine direkte Berührung des fertigen Dentins mit der knöchernen Unterlage des Alveolenbodens zur Voraussetzung hat.

b) Die richtige Beobachtung, daß jedoch das Wurzeldentin garnicht den Boden der Alveole erreicht, sondern, daß sich zwischen diesen beiden bindegewebige Weichssubstanz befindet, die eine direkte gegenseitige Berührung verhindert und damit den knöchernen Alveolenboden als Widerlager für den Wurzelteil des Dentins ausschließt, veranlaßte Wallisch und mit ihm eine große Reihe anderer Autoren zur Aufstellung der sogenannten „Wurzelpulpa-Theorie". Im Unterschied zur vorhergehenden Theorie wird nunmehr der Ursprung der austreibenden Kraft in die Weichsubstanz des wachsenden Zahnes verlegt. Nach Eichler z. B. verursacht die Zahnbewegung neben anderen Faktoren (Höhenwachstum der Dentinhaube und Knochenneubildung auf dem Boden der Alveole) das Wachsen des Dentinkeimes, also das Pulpawachstum. Auch Zuckerkandl lehnt eine Beteiligung der ossifizierten Wurzel am Durchbruch ab und weist an ihrer Stelle dem zwischen Zahnkeim und Alveolenboden befindlichen Pulpawulst eine wichtige Rolle zu. Walkhoff, Kallhardt und neuerdings Jaswoin kommen auf Grund ihrer Untersuchungen zu ähnlichen Ergebnissen. Nach Jaswoin entsteht durch die in dem Gipfel des Keim entstehende morphologische Differenzierung des Papillengewebes innerhalb dieses ein Druck, hervorgerufen durch Vergrößerung des Umfangs der beteiligten Zellen. Dieser intrapapilläre Druck wirkt sich dann so aus, daß sich die Innenwände des Zahnkeimes an dem den Druck ausübenden Papillengewebe in der Durchbruchsrichtung entlang schieben. Als Belege für die Richtigkeit seiner Auffassung weist er auf den im mikroskopischen Schnitt zu beobachtenden schrägen Verlauf der v. Korff'schen Fasern hin. Einen Einfluß der Zahnwurzel auf die Bewegung des Zahnes lehnt er ebenfalls ab.

M. T. Constant modifiziert seine Ansicht dahingehend, daß er im Unterschied zu Wallisch und anderen nicht das Pulpawachstum an sich, sondern den in der Pulpa auftretenden Blutdruck als mechanischen Faktor des Zahndurchbruchs ansieht. Durch diesen Blutdruck soll ein trophischer Reiz ausgeübt werden auf die sich entwickelnden alveolären Prozesse.

Ähnlich weist Aichel auf zwei als Quellen der bewegenden Kraft in Betracht kommende Möglichkeiten hin, nämlich auf den osmotischen Druck, der im Pulpengewebe durch die Zellteilung entsteht, und ferner auf den pulsierenden Druck, der von seiten der sich vermehrenden und vergrößernden Blutgefäße in den Weichteilen zwischen Zahn- und Kieferknochen ausgeht und eine nach kronenwärts gerichtete Verschiebung der konsolidierten Kappe des Zahnkeimes verursacht.

Aus vorstehender Zusammenstellung ergibt sich, daß die Anhänger der sogenannten „Wurzelpulpa-Theorie" nur in einem Punkt übereinstimmen, nämlich darin, daß in der Weichsubstanz des wachsenden Zahnkeimes die für den Durchbruch verantwortliche Kraft zu suchen ist. In Einzelheiten variieren jedoch die Ansichten außerordentlich.

Sowohl nach der Wurzeldentin- als auch der Wurzelpulpa-Theorie fällt dem Zahn selbst bei seiner Ortsveränderung eine aktive Rolle zu. Der Bewegungsvorgang wird durch den Zahn selbst ausgelöst, welcher durch sein Wachstum über seiner Unterlage emporgehoben wird.

B. Außerhalb des Zahnkeims gelegene Kräfte.

Baume konnte sich nicht auf die Seite der Verfechter der bisher beschriebenen Wurzel-Theorien stellen, sondern führte verschiedene Gründe dagegen ins Feld.

Er ging zunächst von der Beobachtung aus, daß auch retinierte Zähne ihre Wurzeln vollkommen ausbilden, ohne deshalb zum Durchbruch kommen zu können. Andererseits erfolge der Durchbruch solcher vollausgebildeter Zähne sehr häufig noch nach Beseitigung der Retentionsursachen, ohne daß doch in diesem Stadium ein appositionelles Wachstum an der Wurzelspitze stattfinde. Ferner wies er darauf hin, daß z. B. bei Neugeborenen auch Zähne ohne Andeutung einer Wurzelbildung durchbrechen.

Auch seine Ansicht, daß die beim Durchbruch zurückzulegende Wachstumsstrecke des Zahnes eine längere sei, als dem Wurzelzuwachs des Zahnes entspricht, reihte er in die Kette seiner Beweismittel gegen die Wurzel-Theorie ein, ebenso wie die Beobachtung, daß die Zähne sowohl vor als auch während des Durchbruchs eine Ortsveränderung in horizontaler Richtung und eine Drehung erfahren.

Ja, er glaubte sogar, das Heraustreten von Zähnen aus ihrer Alveole bei fehlenden Antagonisten in seinem Sinne deuten zu können.

Alle diese Gründe bestimmten ihn, dem Zahn bei seinem Durchbruch eine

durch sein Wurzelwachstum bedingte aktive Rolle abzusprechen und führten ihn zur Aufstellung seiner sogenannten „Medullar-Theorie". Hiernach fällt dem Zahn nur eine passive Rolle zu, indem die Entstehung der austreibenden Kräfte den Alveolengewebsbestandteilen zugeschrieben werden. Baume nahm an, daß der Zahnkeim durch die am Boden der Alveole stattfindenden Knochenmarkswucherungen emporgehoben werde. Nachdem letztere ihre Rolle als austreibender Faktor ausgespielt haben, verknöchern sie, und neue Markwucherungen setzen den Austreibungsprozeß fort.

Wallisch war es, der die von Baume gegen die Wurzel-Theorie vorgebrachten Gründe einzeln widerlegte. Die Medullar-Theorie Baume's konnte er nur in soweit anerkennen, als sich die Markwucherungen auf die Knochenneubildung am Boden der Alveole bezogen, nicht aber in Bezug auf ihre Mitwirkung bei der Austreibung des Zahnes.

Aber auch andere Forscher, wie Eichler und Kallhardt, konnten bei ihren Untersuchungen am Boden der Alveole keine Knochenmarksgranulationen im Sinne Baumes finden.

Hermann vertrat die Ansicht, daß der Zahn ausschließlich durch am Boden der Alveole sich neubildendes Knochengewebe „ausgetrieben" werde.

Nessel und später Albrecht machen eine noch weitere Umgebung des Zahnes für den Durchbruch verantwortlich. Nach diesen Autoren erfolgt der Durchbruch durch eine vom ganzen Kieferknochen ausgehende Kontraktionswirkung auf die Alveole. Demnach müßte also die Alveole von beiden Seiten her durch den Kiefer so komprimiert werden, daß der Keim wie ein Keil nach oben ausgepreßt würde.

Auch Berten glaubt eine Kontraktionswirkung des Kieferknochens auf den von ihm eingeschlossenen Zahnkeim annehmen zu dürfen, hält diese aber in erster Linie durch die Einwirkung der am Kiefer ansetzenden Muskulatur bedingt.

Landsberger hält eine Kompression vom Kiefer aus ebenfalls für wahrscheinlich. Nach seiner Vorstellung wird der Zahn aber nicht etwa wie ein Keil ausgepreßt, sondern er vermutet, daß durch Änderung der Alveolenkontur ein Zug auf die Fasern des Zahnsäckchens ausgeübt wird mit dem Erfolg, daß dieses damit den Zahn emporzieht.

Robin schließlich geht soweit, daß er schon in der Einwirkung des Kauaktes auf den Kiefer die Veranlassung zur Dentition gegeben sieht.

Wenn auch die meisten der zuletzt angeführten Theorien heute keine ernsthaften Verfechter mehr finden, so ist es doch aus historischen Gründen

interessant, rückblickend zu beobachten, welche Früchte die Phantasie der Forscher zeitigte auf einem Gebiete, wo keinerlei Untersuchungsmethoden die Möglichkeit bieten, in die inneren Wachstumsvorgänge des lebenden Gewebes einen Einblick zu gewinnen.

Im Gegensatz zu den bisher versuchten mechanischen Erklärungsweisen der Dentitionsursachen steht A d l o f f mit seinen Anhängern, der die beim Durchbruch wirksamen Kräfte physiologisch erklärt haben will, also den inneren Wachstumsvorgängen der lebenden Zelle zuschreibt, deren Gesetze sich eben unserem Wissen entziehen.

II. Ursprung des resorbierenden Gewebes.

Dem durchbrechenden Zahn stehen auf seinem Weg an die Oberfläche eine mehr oder weniger starke Knochenschicht und der Milchzahn im Wege. Diese Hindernisse müssen beseitigt werden, bevor der Zahn die Oberfläche erreichen kann. Zu diesem Zwecke treten in der Umgebung des Zahnkeims und der Milchzahnwurzel Resorptionserscheinungen in Form von osteoklastischem Abbau auf. Der Milchzahn selbst kommt sogar normalerweise zur fast vollständigen Einschmelzung, sodaß schließlich nur noch ein kleines Zahnscherbchen über der Krone des nachfolgenden bleibenden Zahnes übrig bleibt.

Mit der Frage nach der Herkunft des resorbierenden Gewebes haben sich die Autoren lebhaft beschäftigt. Die Verschiedenartigkeit ihrer Ergebnisse brachte es nun mit sich, daß schließlich alles zwischen Zahnkeim und Milchzahn irgendwie in Betracht kommende Gewebe den Vorzug hatte, von irgend einem der Untersucher als Ursprung des Resorptionsorgans verantwortlich gemacht zu werden. Es kamen dabei in Betracht: Zahnsäckchen, Knochenmark, Periodontium des Milchzahns, sowie Milchzahnpulpa.

K a l l h a r d t gibt eine geschichtliche Zusammenfassung der im Laufe der Zeit aufgetauchten Theorien über den Ursprung des Resorptionsorgans, die wir im folgenden wiedergeben:

„Über den Ursprung des resorbierenden Gewebes hat sich wohl zuerst D e l a b a r r e geäußert, dessen Ansicht ich der Arbeit von C a l e m b r u n - M e r c u r e entnehme. Er sucht denselben in dem Gubernaculum dentis, jenem faserartigen Strang, der vom Milchzahn zur Keimhülle des bleibenden Zahnes zieht und der weiterhin zum absorbierenden Organe, dem sogenannten Fungus Delabarri, würde. Dieser zerstöre in dem Maße, wie er sich bilde, die umliegenden Teile zugleich mit der Alveole und der

Wurzel des entsprechenden temporären Zahnes, wodurch dem folgenden Zahne Platz gemacht werde. Das Periosteum der Alveole, sowie die Pulpa des temporären Zahnes würden selbst Teile des absorbierenden Körpers. Retzius macht das Zahnsäckchen des bleibenden Zahnes dafür verantwortlich. Tomes beschreibt das Resorptionsorgan als eine Papille, über deren Herkunft er sich jedoch nicht äußert. Von der Pulpa aber sagt er, daß sie zu einem Absorptionsorgan würde, oder wenigstens Platz für ein solches mache. Kehrer tritt der Ansicht von Retzius entgegen und sagt: „Die Einschmelzung der Wurzel beruht darauf, daß das derbe Bindegewebe, welches die Wurzel überall umhüllt und mit der Alveolenwand sich verbindet, die Wurzelscheide, wie ich es nennen möchte, an der Stelle der Einschmelzung wuchert, reichlich junge Zellen produziert und eine stark vaskularisierte Granulation erzeugt, deren Oberfläche mittels halbkugeliger, mit Gefäßschlingen versehener Wärzchen oder Zotten in die Erosionsgruben eingreift". Diesen Autoren folgen dann Wedl und Baume, von denen der erstere das Bindegewebe der Wurzelhaut des Milchzahns und des zunächstliegenden Knochenmarks als Ursprung des absorbierenden Organs bezeichnet, der letztere das Knochenmark allein für die Resorptionserscheinungen verantwortlich macht. Lieberkühn, der sonderbarerweise von den meisten der neueren Autoren gar nicht zitiert wird, kommt meinen Befunden am nächsten: Erst resorbiere die Außenfläche des Zahnsäckchens die Alveole, nach deren Durchbrechung tritt eine Wucherung der Wurzelhaut auf, die sich auch über Teile ausbreiten kann, die von ihrer Alveole noch bedeckt sind. Der Milchzahn, der noch seine Gefäße und Nerven besitzt, verliert seine Befestigung, und der nachrückende Zahn kann ihn völlig ausheben."

Spätere Autoren schlossen sich diesen Theorien in mehr oder weniger modifizierter Form an. Eingehender wäre Kallhardt selbst zu erwähnen; die Ergebnisse seiner Forschung gründet er auf die mikroskopische Untersuchung von nach eigenem Versteinerungsverfahren hergestellten Schliffen durch den Kiefer von Hunden, die in der Dentition begriffen waren. Die Präparate suchte er so aus, daß er die Resorptionserscheinungen in 3 Stadien beobachten konnte. Er untersuchte zuerst das Stadium der Kronenbildung des Keimes, solange der Durchbruch also noch nicht im Gange ist, dann als 2. Stadium den Zeitpunkt, in dem die Krone fertig ausgebildet ist, also das Wurzelwachstum eben beginnt, und zuletzt als 3., das eigentliche Durchbruchsstadium, das mit der Wurzelwachstumperiode zusammenfällt.

Das Untersuchungsergebnis seiner Präparate des 1. Stadiums bringt Kallhardt zu folgenden Feststellungen: Der Teil des Zahnzäckchens, der sich über der Schmelzschicht des Keimes befindet, verwandelt sich in resorbierendes Gewebe. Hier finden sich die ersten überhaupt feststellbaren Resorptionserscheinungen. Gleichzeitig findet am Boden der Alveole Knochenneubildung statt und zwar ebenfalls vom Zahnsäckchen ausgehend.

Das dem Zahnkeim abgewandte Milchzahnperiodontium zeigt zu gleicher Zeit Resorptionserscheinungen, die aber nicht am Zahnbein, sondern nur an der Alveole des Milchzahns sich bemerkbar machen. Es kann in diesem Stadium noch keine Verbindung zwischen dem vom Zahnsäckchen ausgehenden Resorptionsgewebe des Keimes und dem des Milchzahnperiodontiums nachgewiesen werden.

Eine Beteiligung der Milchzahnpulpa an der Resorption findet in diesem ersten Stadium noch nicht statt.

Im zweiten Untersuchungsstadium, also bei abgeschlossenem Kronen- und eben beginnendem Wurzelwachstum ergibt sich ein anderes Bild: Es kann von jetzt an am Boden der Alveole eine Anlagerung verdichteter Knochensubstanz beobachtet werden.

Über der Keimspitze hat die Resorptionstätigkeit des Zahnsäckchens voll eingesetzt. Es kommt zum Durchbruch der zwischen Keim und Milchzahn befindlichen Knochendecke und zur Vereinigung von Zahnsäckchen und Milchzahnwurzelhaut. Zement und Dentin des Milchzahnes werden von der Keimseite aus in Form von Lakunen aufgelöst.

Eine Beteiligung der Pulpa des Milchzahnes findet aber immer noch nicht statt.

Um der häufig aufgetretenen Ansicht entgegenzutreten — wie sie z. B. Wallisch vertritt — als gebe der im Kiefer als Fremdkörper wirkende Schmelz des Zahnkeimes den Anstoß zur Resorptionstätigkeit, betont Kallhardt, daß in diesem zweiten Stadium noch keine Verödung des Schmelzorganes stattgefunden habe, sondern daß diese erst später erfolge.

Das dritte Stadium ist das eigentliche Durchbruchsstadium und weicht in seinen Erscheinungen vom vorhergehenden wieder wesentlich ab.

Einmal werden jetzt am Boden der Keimalveole intensivste Knochenneubildung und Knochenverdichtung beobachtet. Die Spongiosabälkchen stellen sich radiär zur wachsenden Wurzel, um ihrer Aufgabe als Widerlager für den jetzt mit großer Intensität durchbrechenden Zahn genügen zu können. Auf diese Knochenverdichtung wies auch Walkhoff auf Grund von Röntgenaufnahmen hin.

Ferner zeigen das Zahnsäckchen des Keims und die Wurzelhaut des Milchzahnes eine gesteigerte Resorptionstätigkeit. Dazu tritt erst von diesem Zeitpunkt an die Pulpa des Milchzahnes als resorbierendes Organ, um allerdings von nun an auch die Hauptrolle bei der Resorption zu übernehmen.

Eine Resorptionstätigkeit ist immer nur in der Richtung des durchbrechenden Keimes zu beobachten.

Kallhardt schließt also zusammenfassend aus dem Befund seiner Präparate, daß die Resorption vom Zahnsäckchen ausgehe und zwar in der Umgebung des Keimes, vor allem über der Krone. Anschließend beteilige sich dann die Wurzelhaut des Milchzahnes und zuletzt seine Pulpa am Resorptionsprozeß. Er will aber die beim Resorptionsprozeß beteiligten Gewebe nicht als besondere Resorptions-„Organe" aufgefaßt wissen, sondern sieht in ihrer resorbierenden Tätigkeit nur eine besonders differenzierte Form ihrer normalen Funktion. Er will damit offenbar seine unterschiedliche Auffassung zu der Ansicht von Tomes betonen, der von dem am Boden der Extraktionswunde entfernter Milchzähne befindlichen Granulationsgewebe als vom Tomes'schen Resorptions-„Organ" spricht.

Auch Port-Euler spricht von der Entstehung eines Granulationsgewebes über der Krone des durchbrechenden Zahnes, das durch osteoklastische Riesenzellen die trennende Zwischenschicht zwischen Zahn und Keim beseitige, um dann auf das Periodontium und schließlich die Pulpa des Milchzahns selbst überzugreifen. Den ganzen Vorgang sieht er als eine Art physiologischer Entzündung an.

Im Gegensatz zu vorstehenden Autoren bestreitet Kronfeld auf Grund neuerer Untersuchungen die Beteiligung der Milchzahnpulpa am Resorptionsprozeß. Nur bei Hund und Katze sah er eine Umwandlung des Pulpengewebes in resorbierendes Granulationsgewebe mit über den ganzen Pulpenraum verteilten Riesenzellen. Beim Menschen jedoch bleibt nach seiner Meinung die Milchzahnpulpa bis zuletzt in ihrer Struktur unverändert und am Resorptionsprozeß unbeteiligt. Nach Kronfeld geht die Resorption an den menschlichen Milchzähnen nur von dem zwischen dem bleibenden und dem Milchzahn liegenden Bindegewebe aus.

Aus den Schnitten durch menschliche Milchzähne, die in der Resorption begriffen sind, geht jedoch hervor, daß, wenn auch nicht die ganze Pulpa, so doch ein Teil derselben unter Veränderung ihrer Struktur zum resorbierenden Gewebe geworden ist. Dieser Vorgang schließt nun aber keineswegs aus, daß Kronfeld dennoch richtig beobachtet hat, wenn er an-

gibt, daß zur selben Zeit, da an der Wurzelspitze Resorptionen stattfinden, gleichzeitig noch an anderen Stellen des Pulpenraums durch die Tätigkeit der Odontoblasten Dentin-Neubildung stattfinde. Bei Hunden und Katzen scheint jedoch nach seinen Beobachtungen die Resorption im ganzen Pulpenkavum gleichzeitig einzusetzen.

Es dürfte daher die heutige Auffassung von einer Beteiligung der Milchzahnpulpa am Resorptionsprozeß richtig sein, denn es ist eine nur eindeutig zu wertende Beobachtung, daß Milchzähne mit gangränöser Pulpa entweder nicht mehr oder nur ganz langsam der Resorption verfallen. Diese Tatsache wies auch auf die Wichtigkeit der Erhaltung der Pulpa kariöser Milchzähne hin, ein Forderung, die nicht nur vom Standpunkt der konservierenden Zahnheilkunde aus, sondern mit noch größerer Berechtigung zur Gewährleistung eines normalen Durchbruchs vom Orthodonten aus zu erheben ist.

Über den Anlaß oder den Reiz, der den Entzündungsprozeß auslöst, gibt auch Port-Euler keine Erklärung, wie überhaupt über die Ursache der Resorption keine Klarheit herrscht.

Ein Teil der Autoren sieht als Anlaß zur Resorption den im Innern des Keims durch das Wachstum entstehenden Druck an, der an der Spitze eine Art Entzündung hervorrufe. Andere schreiben eben diesem Druck eine über der Krone wirkende atrophisierende Wirkung zu, während wieder andere jeden Zusammenhang zwischen Resorptionstätigkeit und Wachstumsdruck ablehnen und die Entstehung des die Resorption auslösenden Reizes dem Zahnkeim als solchem zuschreiben.

Es ist ja auch nicht ohne weiteres überzeugend, daß ein innerhalb des Zahnkeims wirkender Druck nur am Kronenteil des Keimes zu Resorptionserscheinungen führen sollte. Viel eher ist zu erwarten, daß ein solcher Druck sich nach allen Seiten gleichmäßig auswirken müßte, zumal die Hartsubstanz des Zahnkeimes nicht direkt der knöchernen Alveole anliegt, sondern zwischen beide eine Schicht von Weichsubstanz gelagert ist.

Wallisch ist der Ansicht, wie an anderer Stelle schon erwähnt, daß der fertige Schmelz des Zahnkeims als Fremdkörper auf seine Umgebung wirke und dadurch eine Resorptionstätigkeit des betreffenden Gewebes angeregt werde. Nach Kallhardt ist diese Möglichkeit nicht vorhanden, weil zu der Zeit, da die Resorptionstätigkeit an dieser Stelle beginnt, das Schmelzorgan noch nicht verödet ist, sondern die Funktion der Ameloplasten noch anhält.

III. Der Durchbruchsverlauf.

Der Durchbruchsverlauf, wie ihn Kallhardt auf Grund seiner histologischen Untersuchungen beschreibt und wie er auch von der Mehrzahl der heutigen Autoren angenommen wird, wäre demnach etwa folgender:

Während des Wachstums des Zahnkeims vergrößert sich die Alveole, in die der Keim eingeschlossen liegt, dadurch, daß vom Zahnsäckchen ausgehend nach außen hin, also am Knochen der Alveole, Resorptionserscheinungen stattfinden, um damit dem größer werdenden Keime Platz zu schaffen. Auch am Boden der Alveole spielen zunächst ähnliche Resorptionsvorgänge ab, die sich aber später nur noch auf die über der Spitze des Keimes gelegenen Gewebspartien beschränken, während die zuerst stattfindenden Resorptionen am Boden der Alveole dann von Knochenneubildungen abgelöst werden.

Die vom Zahnsäckchen ausgehende lakunäre Einschmelzung über der Kronenspitze des wachsenden Zahnkeims schreitet nun so lange fort, bis die zwischen Zahn und Keim befindliche Knochenzwischenschicht durchbrochen ist. Trifft nun das resorbierende Gewebe des Zahnsäckchens mit dem Milchzahnperiodontium zusammen, so wird auch dieses in resorbierendes Gewebe umgewandelt. Dieses Zusammentreffen findet, wie schon die anatomische Lage von Zahnkeim und Milchzahnwurzel ergibt, nicht immer an der Wurzelspitze des Milchzahnes statt, sondern meist in einiger Entfernung von dieser in der Richtung zur Krone. Hier erfolgen dann auch die ersten Resorptionserscheinungen am Milchzahn. Es ist also sehr gut möglich und auch ein häufiger Befund, daß die Wurzel gelegentlich durch horizontale Ausbreitung der Resorption vom Kronenteil getrennt werden kann, sodaß nach Ausstoßung des Milchzahnscherbchens ein Wurzelrest des Milchzahns noch zurückbleiben kann. Auf alle Fälle ist festzustellen, daß die Milchzahnresorption nicht an der Wurzelspitze beginnend nach der Krone hin weiterschreitet, sondern an der Stelle beginnt, wo das Resorptionsorgan des bleibenden Zahnes mit dem Milchzahnperiodontium zuerst zusammentrifft.

Von nun an beteiligt sich das Periodontium des Milchzahns an der Resorption der Alveole, sowie des Zementes und des Dentins des Milchzahnes. Die Milchzahnpulpa beteiligt sich in diesem Zeitpunkt noch nicht an der Resorption.

Am Boden der Alveole des bleibenden Zahnes hat während dieser Zeit eine starke Knochenanlagerung stattgefunden. Die Spongiosa hat fast Kompaktastruktur angenommen.

Die Verödnung des Schmelzorgans am Zahnkeime findet erst in diesem Stadium des Durchbruchs statt.

Inzwischen hat sich die Resorptionstätigkeit auch auf die Pulpa des Milchzahns ausgedehnt, womit dann erst der eigentliche Durchbruch beginnt, d. h. die seitherigen Vorgänge wesentlich beschleunigt werden.

Anstelle der Knochenverdichtung am Boden der Alveole tritt später eine deutliche Spongiosabildung als Widerlager für den wachsenden, sich in die Höhe hebenden Zahnkeim. Dabei zeigt der Richtungsverlauf der Bälkchen eine der Druckwirkung entsprechende Anordnung.

Durch gleichzeitige Resorption über der Krone und Wachstum an der Wurzel erfolgt der weitere Durchbruch.

Ist der Durchbruch beendet, so ist damit das Wurzelwachstum noch nicht abgeschlossen, sondern die Wurzel muß sich nunmehr am Boden der Alveole Platz schaffen, was durch regressive Vorgänge ermöglicht wird. Die Wurzel wächst also von nun an in die Tiefe bis zum Abschluß ihres Wachstums.

Wichtig ist beim ganzen Durchbruchsverlauf eine harmonische Zusammenwirkung der Wachstumsvorgänge des Zahnkeims und eine ungestörte Resorptionstätigkeit über dem Zahnkeim. Ist einer der beiden Vorgänge gestört, so leidet darunter die Regelmäßigkeit des Durchbruchs. Eine gestörte Resorptionstätigkeit bei normaler Wachstumstendenz des bleibenden Zahnes kann z. B. auch eine der vielen Ursachen der Retention von Zähnen oder zumindest von verspätetem Durchbruch sein.

Ich glaube einen diesbezüglichen Fall in der Abb. 15 zeigen zu können. Bei der Patientin ist ohne erkennbare Ursache ein verspäteter Durchbruch der Prämolaren festzustellen. Die Milchmolaren sind verhältnismäßig wenig resorbiert, die Wurzeln der darunter befindlichen Prämolaren dagegen für dieses Stadium des Durchbruchs schon sehr weit ausgebildet. Ihre Wurzelspitze reicht um ein Bedeutendes tiefer als die des benachbarten bleibenden Molaren. Der Zahn hat also entgegen der Norm sein Längenwachstum annähernd abgeschlossen, obwohl er noch nicht durchgebrochen ist. Da eine Bewegung des Prämolaren in Richtung des Milchzahns infolge der dort aus nicht geklärten Gründen nur geringen Resorptionstätigkeit nicht erfolgen konnte, war der bleibende Zahn gezwungen, seine ungestörte Wachstumstätigkeit in der Richtung seiner Wurzelbildung wirken zu lassen.

Eine anormal tiefe Lagerung des Prämolarkeimes als Ursache verspäteten Durchbruchs glaube ich auf Grund der im Röntgenbild sichtbaren Lagebeziehung zwischen Zahnkeim und Milchzahn ausschließen zu dürfen.

Andererseits kann der umgekehrte Fall eintreten, daß bei normaler oder gar gestörter Durchbruchstendenz des bleibenden Zahnes eine aus irgend welchen Gründen gesteigerte Resorptionstätigkeit am Milchzahn auftritt. Ich sehe in dieser Kombination eine Erklärungsmöglichkeit für die nicht seltene Beobachtung, daß Milchzähne, und zwar in erster Linie die Milchmolaren, nach längerer Tätigkeit in der Zahnreihe wieder in den Kiefer zurückwandern.

Erst neuerdings beschrieb James T. Quintero zwei Fälle, wo er eine Rückwanderung der zweiten Milchmolaren in den Kiefer beobachten konnte. Eine Erklärung für diese Erscheinung konnte er nicht geben. Ich glaube auch nicht, daß für die in der Literatur angegebene und bei Bonnet als sekundäre Milchzahnretention beschriebene Erscheinung die dort gegebene Deutung imstande ist, alle diese Fälle zu erklären. Dort wird nämlich eine rein mechanische Erklärung des Vorgangs versucht und angenommen, daß durch den Druck der beiden sich anpressenden Nachbarzähne eine nach unten wirkende Kraft zustande komme, die ausreiche, um den Milchzahn wieder in den Kiefer zu drücken. Es erscheint mir jedoch fraglich, ob eine solche Kraft genügt, den Widerstand des in seiner Alveole befestigten Milchzahnes und des darunterliegenden Knochens zu überwinden, zumal die Druckwirkung des sich anstemmenden Nachbarzahnes in vertikaler Richtung deshalb nicht voll zur Wirkung kommen kann, weil ein Teil derselben durch eine horizontale Komponente unwirksam wird.

Wenn auch nicht für alle Fälle von Rückwanderung von Milchzähnen in den Kiefer meine Erklärung einer gesteigerten, vielleicht pathologischen Resorptionstätigkeit an der Milchzahnwurzel zutreffen mag, so scheint es mir doch lohnenswert, einmal im Milchgebiß näher auf diese Erscheinungen zu achten und dann evtl. durch eingehende Untersuchung und Beobachtung nach dieser Richtung die angegebene Erklärungsmöglichkeit zu prüfen.

Zusammenfassend ist zu diesem Kapitel zu sagen, daß ein normaler Ablauf der komplexen Erscheinung des Durchbruchs nur dann gewährleistet ist, wenn sowohl das Wachstum des Keimes als auch die Resorptionstätigkeit über diesem einer Störung nicht unterworfen sind.

IV. Die Resorptionsvorgänge.

Resorptionen in kleinerem Umfange finden auch an normalen, in voller Funktion stehenden Zähnen statt, ohne daß darin schon ein pathologischer Vorgang zu erblicken wäre. Meist läßt sich anschließend eine sekundäre

Apposition als Ersatz des resorbierten Zementes feststellen. Der Grund solcher vorübergehender kleinen Resorptionsprozesse kann in kleineren, lokalen Ernährungsstörungen oder Reizen anderer Art (Entzündung, Druck, Toxine) liegen und läßt sich nicht leicht feststellen.

Die Ursache der beim Durchbruch auftretenden größeren Resorptionserscheinungen ist mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen.

Eichler lehnt z. B. den Wachstumsdruck des Keimes als Ursache der Resorption ab. Nach seiner Überzeugung handelt es sich nicht um mechanische, sondern um physiologische, vom bleibenden Zahn ausgehende Reize. Den Anspruch auf größere Wahrscheinlichkeit hat aber die Hypothese, daß der Druck des wachsenden Zahnkeims den Resorptionsprozeß in Gang bringe.

Der Zahnkeim liegt in seiner knöchernen Alveole eingeschlossen und ist gezwungen, diese zu erweitern, wenn ihm ein Wachstum ermöglicht werden soll. Die Papille ist das Wachstumszentrum des Zahnkeims. Ihre Zellen besitzen embryonale Wachstumsenergie und der im Innern der Alveole dadurch entstehende Druck übt einen Reiz auf das die Verbindung zwischen Keim und Alveole darstellende Zahnsäckchen aus. Durch diesen Druckreiz werden an der Alveolenwand Resorptionsvorgänge veranlaßt, die Knochenabbau und eine Vergrößerung des Lumens der Alveole zur Folge haben.

Im späteren Stadium scheint sich die Resorptionstätigkeit in erster Linie auf die Gegend über der Keimkrone zu konzentrieren. Es wäre aber nicht einzusehen, daß eine solche Bevorzugung einer bestimmten Resorptionsrichtung ohne besonderen Grund einträte. Ein im Innern eines geschlossenen Raumes — wie ihn die Alveole des Zahnkeims darstellt — wirksam werdender Druck muß sich gleichmäßig auf die einschließende Wandung auswirken, wenn deren Widerstand nicht an irgend einer Stelle ein verminderter ist. Dies scheint jedenfalls für die Gegend über dem Schmelz zuzutreffen. Ob dieser Umstand dem Einfluß der dort vorhandenen Hartsubstanz (Schmelz) zuzuschreiben ist, ob diese Hartsubstanz vielleicht besondere Druckverhältnisse entstehen läßt oder einen andersartigen Reiz auf ihre Umgebung ausübt, ist nicht bekannt. Tatsache bleibt, daß vom Zahnsäckchen aus die Resorption auf das zwischen Keim und Milchzahn gelegene Knochengewebe übergreift, um bald auch am Periodontium des Milchzahns in Erscheinung zu treten.

Dabei beschränken sich die resorptiven Vorgänge nicht nur auf die dem Keim zugewandte Seite des Milchzahnperiodontiums, sondern sind, wie schon

Tomes, Kallhardt u. a. nachgewiesen haben, häufig auch auf der entgegengesetzten Seite der Milchzahnwurzel anzutreffen.

Das Milchzahnperiodontium wandelt sich in resorbierendes Granulationsgewebe um, wie das später auch fortschreitend mit der Pulpa des Milchzahns geschieht. Es handelt sich also nicht um die Entstehung eines Resorptionsorgans, sondern um die Bildung eines entzündlichen Granulationsgewebes. Der ganze Vorgang kann als eine physiologische Entzündung angesehen werden.

Die Beteiligung der Milchzahnpulpa am Resorptionsprozeß tritt erst im letzten Stadium, mit dem erst der eigentliche Durchbruch einsetzt, in Erscheinung. Man kann die bis dahin erfolgten Resorptionen über der Alveole des bleibenden Zahnes und im Gebiet des Milchzahnperiodontiums mit den Kampf einleitenden Vorpostengefechten vergleichen, während der Vormarsch des zum Durchbruch drängenden bleibenden Zahnes erst nach Einsatz der Hauptstreitkräfte erfolgen kann. Diese sehe ich in der zu Granulationsgewebe umgewandelten Pulpa des zu beseitigenden Milchzahnes.

Die Resorptionen erfolgen durch osteoklastischen Abbau am Knochen, Zement und Dentin. Die osteoklastischen Zellen stammen aus dem Gefäßapparat des entstandenen Granulationsgewebes und sind endothelialen oder adventitialen Ursprungs. Es kommen dabei nicht allein die vielkernigen Riesenzellen in Betracht, deren Tätigkeit man daran erkennen kann, daß sie tiefe, gezackt aussehende Buchten in dem zu resorbierenden Gewebe hinterlassen, die auch unter dem Namen Howship'sche Lakunen bekannt sind (Abb. 1). Außer diesen Riesenzellen beteiligen sich am Abbau noch kleinere, flache spindelförmige Zellen mit nur einem Kern. Sie vollziehen einen gleichmäßigen Abbau, der eine weniger gezackte Resorptionsfläche hinterläßt und vermutlich auch weniger intensiv vor sich geht. Jedenfalls beobachtet man im Stadium größter Resorptionstätigkeit einen dichten Saum von Riesenzellen, die in den schon ausgelaugten Lakunen liegen.

Der Abbau ist aber keineswegs ein ununterbrochener, sondern wird zu gewissen Zeiten aus nicht bekannten Gründen zum Stillstand gebracht, um vielleicht an anderer Stelle wieder einzusetzen. Die Resorption kann sogar in das Gegenteil umschlagen und einer sekundären Apposition von Zementoid, einem zement- oder dentinähnlichen Gewebe Platz zu machen, wie vor allem aus den Abb. 2 und 3 in charakteristischer Weise zu ersehen ist. Die Abb. 3 läßt deutlich an der gezackten Begrenzung des Dentins erkennen, wie weit die Riesenzellenresorption schon fortgeschritten war und in

welchem Maße die in ihrer Struktur abweichende Zementoidanlagerung wieder eingesetzt hatte.

Alles in allem läßt sich aber die Tendenz zur Gesamtauflösung der Milchzahnwurzel nicht aufhalten durch solche kleineren „Gegenangriffe", sondern die resorptiven Vorgänge tragen auf die Dauer über die Appositionsversuche den Sieg davon.

Voraussetzung für eine ungestörte Resorption und damit normalen Durchbruch ist allerdings eine in ihrer Vitalität nicht gestörte Milchzahnpulpa, wie ich das schon im vorhergehenden Kapitel erwähnt habe.

Wie ist es nun möglich, daß die Resorptionszellen als amöboide Weichgewebszellen die Fähigkeit haben, Hartsubstanz in Form von Knochen, Zement und Dentin aufzulösen?

Euler schließt sich der Ansicht Liesegangs an und schreibt den Resorptionszellen infolge ihres gesteigerten Stoffwechsels erhöhte Kohlensäureproduktion zu. Dadurch werden nach seiner Meinung die Kalksalze zur Auflösung gebracht, sodaß einem weiteren Abbau der übrigen Substanz nichts mehr im Wege steht. Auch Eichler hält eine mechanische Wirkung der amöboiden Zellen an der Hartsubstanz für ausgeschlossen und neigt mehr einer chemischen Erklärungsweise zu. Bei seinen Versuchen kam er zu der Feststellung, daß die Resorptionsoberfläche extrahierter Milchzähne Lakmuspapier rot färbe. Die Ursache mußte nach seiner Meinung die Anwesenheit von Kohlensäure, Milchsäure oder Salzsäure sein. Hielt er nun über das Resorptionsorgan einen in Ammoniaklösung getauchten Glasstab, so bewirkte dies die Entstehung eines feinen Salmiaknebels, was ihn zur Überzeugung führte, daß im Resorptionsgewebe Salzsäure vorhanden sein müsse. Ihre Bildung schrieb er dem Protoplasma der Resorptionszellen zu und vergleicht sie dem ähnlichen Vorgange der Salzsäurebildung in den Drüsenzellen des Magens.

V. Röntgenologische Beobachtungen zum Zahndurchbruch.

Betrachtet man die Zahnkeime der permanenten Zähne vor und während des Durchbruchs im Röntgenbilde, so sieht man, daß sie schalenartig von kompakter Knochensubstanz eingeschlossen sind. Diese Verdichtung des Knochens der Keimalveole läßt darauf schließen, daß vom Zahnkeim eine Druckwirkung auf das umgebende Knochengewebe ausgeht, vermutlich durch

das mit embryonaler Energie erfolgende Wachstum des Zahnkeims veranlaßt. Diese Kompaktaschicht ist in frühem Stadium der Keimentwicklung, also bevor der Keim sich zum Durchbruch anschickt, rundum gleichmäßig stark entwickelt (Abb. 4), wobei noch zu erwähnen ist, daß sie bei den Zahnkeimen des Oberkiefers im Röntgenbilde weniger stark ausgeprägt erscheint als im Unterkiefer. Von dem Augenblick des Durchbruchbeginns ab verdichtet sich diese Kapsel am Boden der Alveole; es treten also hier vermutlich erhöhte Druckerscheinungen verbunden mit Apposition neuen Knochens auf (Abb. 5).

Daß der Durchbruch in diesem Stadium schon voll eingesetzt hat, ist auch daran zu erkennen, daß im Alveolengebiet des darüber liegenden Milchzahnes röntgenologisch bereits sehr deutliche Resorptionserscheinungen nachgewiesen werden können.

Die Knochenverdichtung am Boden der Alveole des durchbrechenden Zahnes nimmt nun solange zu, bis sie mit vollendetem Durchbruch des Zahnes ihren Höhepunkt erreicht hat, wie deutlich aus Abb. 6 zu ersehen ist. Später, nach abgeschlossenem Wurzelwachstum verschwindet die vorher beobachtete Verdichtung am Knochen um die Wurzelspitze, um einer weniger dichten Spongiosastruktur Platz zu machen (Abb. 7). Die dort sichtbare Anordnung der Spongiosabälkchen in radiärer Stellung zur Zahnwurzel bei leicht verdichteter Alveolenwand läßt eine funktionelle Anpassung an die auf den Zahn in horizontaler und vertikaler Richtung durch den Kauakt einwirkenden Belastungsmomente erkennen.

Der Grund der Auflösung der Knochenverdichtung am Boden der Alveole nach Eintritt der Kautätigkeit und abgeschlossenem Wurzelwachstum läßt sich vielleicht damit erklären, daß während des Durchbruchs die Druckkräfte von der direkt über dem Boden der Alveole gelegenen Zahnpapille ausgingen, also unabgeschwächt auf die Unterlage wirken konnten, während nach abgeschlossenem Wachstum des Zahnes der von außerhalb kommende Kaudruck sich auf die ganze Zahnalveole mit dem Aufhängeapparat des Zahnes gleichmäßig verteilt.

Beobachtet man die Knochenstruktur in der Umgebung des durchbrechenden Zahnes im Röntgenbilde, so kommt man zu der Überzeugung, daß der Wurzelpulpatheorie unter den Theorien über die Ursachen des Zahndurchbruchs wohl der höchste Grad von Wahrscheinlichkeit zuzusprechen ist. Dagegen vermag die Wurzeldentintheorie einer Prüfung durch das Röntgenbild nicht stand zu halten, weil diese Theorie doch zur Voraussetzung haben

müßte, daß das am Wurzelteil des permanenten Zahnes neu entstandene Dentin den Boden seiner Alveole berührt. Die Röntgenbilder beweisen jedoch das Gegenteil. Der ganze Keim ist in eine Weichgewebsmasse eingebettet, sodaß er garnicht direkt mit seiner Alveole in Berührung kommt. Diese Tatsache spricht außerdem auch gegen die Anhänger der Alveolartheorie. Denn bei einem auf die Keimalveole wirkenden Druck, der vom Kiefer ausgeht, und der den Zahnkeim auszupressen imstande wäre, müßte doch infolge der Nachgiebigkeit der zwischen Alveolenwand und Keim gelegenen Weichsubstanz eine direkte Berührung der Alveole mit der Hartsubstanz des Zahnkeims zustande kommen, was aber nie der Fall ist.

Auch das Studium der während des Durchbruchs der Zähne erfolgenden Resorption im Röntgenbild gibt interessante Aufschlüsse.

Zunächst fiel mir auf, daß in sämtlichen beobachteten Fällen — es handelte sich in erster Linie um den Durchbruch der Prämolaren — die erste auffallend starke Resorptionserscheinung in der Bifurkation des über dem Keim des permanenten Zahnes liegenden Milchmolaren sichtbar wurde und zwar von dem Augenblick ab, in dem die Alveole des zum Durchbruch sich anschickenden Keimes mit irgend einer Stelle der Milchzahnwurzel in Berührung gekommen war und an dieser die Resorption eingeleitet hatte. Auch in den Fällen, wo der apikale Teil der Milchzahnwurzel zuerst getroffen wurde, setzte trotzdem bald darauf an der entfernt liegenden Stelle unter der Bifurkation des Milchzahns die erste stärkere Knochenresorption ein (Abb. 4, 5, 8, 9). Diese ging aber nachweisbar nicht von der Stelle der Keimalveole aus, die direkt unter der Bifurkation lag, — die Verdichtung der Alveolenkapsel war an dieser Stelle nie aufgehoben — sondern mußte sich wohl auf dem Wege des Milchzahnperiodontiums dorthin ausgebreitet haben. Der Teil der Alveolenkapsel des durchbrechenden Zahnes, der über der Spitze des Keimes liegt, wurde sogar regelmäßig von außen her zur Resorption und Auflösung gebracht (Abb. 10).

Demnach bestünde wohl die Meinung der Autoren zurecht, die eine von der Wurzelhaut des Milchzahnes ausgehende Resorption befürworten, während die im Kronenteil der Keimalveole von K a l l h a r d t in seinen Schliffen beobachteten Resorptionserscheinungen für den Beginn der Resorptionstätigkeit am Milchzahn von weniger großer Bedeutung sind. Im Röntgenbilde wenigstens treten sie gegenüber den resorptiven Vorgängen im Gebiet des Milchzahnperiodontiums ganz zurück. Wahrscheinlich ist dagegen die Vermutung, daß die Milchzahnresorption durch den Einfluß

der Keimalveole des permanenten Zahnes ihren Anstoß erhält, zumal ihr Beginn zeitlich immer mit dem Vorrücken des durchbrechenden Keims gegen die Milchzahnwurzel zusammenfällt.

Die resorptiven Vorgänge an der Milchzahnwurzel selbst konnten im Röntgenbild nur an dem allmählichen Kürzerwerden beobachtet werden.

Wie ist nun die Tatsache zu erklären, daß Milchzähne ohne die Anwesenheit eines darunter befindlichen permanenten Zahnkeimes dennoch einer, wenn auch vielleicht verzögerten Resorption anheimfallen, vorausgesetzt, daß sie eine lebende Pulpa besitzen?

Nach den seither beschriebenen Beobachtungen neige ich der Ansicht zu, daß die Milchzahnresorption den Anstoß wohl vom darunter liegenden permanenten Zahn bekommt, aber dann in erster Linie von dem Periodontium und vor allem der Pulpa des Milchzahnes selbst unterhalten wird, diese beiden letzteren also die eigentlichen Träger der Resorptionsvorgänge sind.

Auf Grund der Röntgenbilder von Milchzähnen ohne permanenten Nachfolger liegt die Vermutung nahe, daß der Anstoß zur Resorption in diesem Falle meist von der Alveole des benachbarten bleibenden Zahnkeimes ausgeht. Ist es doch immer die letzterem angrenzende Milchzahnwurzel, an der die stärkeren Resorptionserscheinungen beobachtet werden, wie die Abb. 11, 12 und 13 zeigen. Der Platz im Kiefer während der Dentitionszeit ist so eng, daß z. B. der Keim des ersten Prämolaren bei seinem Durchbruch kaum an der Wurzel des benachbarten Milchmolaren vorbei in die Höhe steigen kann, ohne in ihre nächste Nähe zu kommen.

Der Einfluß des Platzmangels im Kiefer auf die durchbrechenden Zähne ist auch noch in anderem Zusammenhange zu beobachten.

Abb. 14 zeigt z. B. die häufig auftretende Ursache einer Wurzelverbiegung. Die Alveole eines durchbrechenden oberen zweiten Prämolaren wird infolge Raummangels so gegen die noch nicht konsolidierte Wurzel des auf der anderen Seite durch den Eckzahnkeim bedrängten ersten Prämolaren angepreßt, daß sie eine der Biegung der Alveole des angepreßten Zahnkeims entsprechende Krümmung annimmt. Auf ähnliche Wurzelabknickungen durch den Einfluß benachbarter Zähne hat auch L e i s t in einer Arbeit hingewiesen.

Raummangel in noch höherem Grade ist eine der wichtigsten Ursachen für die Unmöglichkeit eines normalen Durchbruchs der bleibenden Zähne. In Abb. 16 sehen wir einen Fall, in dem der röntgenologische Durchbruch

bereits vollzogen ist, der klinische Durchbruch aber infolge Platzmangels nicht mehr erfolgen kann. Es haben in weitem Umkreis um die Krone des permanenten Zahnes so ausgiebige Resorptionen stattgefunden, daß selbst die Interdentalsepten der beiden Nachbarzähne bis in größere Tiefe mit resorbiert sind, sodaß man sich leicht vorstellen kann, daß deren Kippung, die primär infolge der zwischen beiden befindlichen Lücke durch die beim Kauakt wirkenden Kräfte zustande kommt, sekundär durch die Resorptionserscheinungen an ihren Alveolen noch begünstigt wird. Ja, man glaubt sogar an den Nachbarzähnen selbst schon Spuren von Resorption im Wirkungsbereich der zum Durchbruch drängenden Prämolarenkrone wahrnehmen zu können, aber trotz aller Anstrengung wird es dem Prämolaren nicht möglich sein, seinen Durchbruch zu vollenden.

Noch aussichtsloser ist die Lage für den Prämolaren in Abb. 17. Er ist bereits gekippt und gedreht und zeigt deutliche Resorptionserscheinungen rings um seine Krone. Diese sind vor allem oberhalb derselben besonders ausgeprägt, sodaß der zwischen den beiden Nachbarzähnen befindliche Knochen gelichtet erscheint. Demnach finden auch dann, wenn schon längst kein im Zusammenhang mit dem Milchzahn stehendes Granulationsgewebe mehr vorhanden ist, trotzdem Resorptionen in der Durchbruchsrichtung des Zahnes statt, wie die Röntgenbilder der beiden zuletzt angeführten Fälle zeigen. Es muß also auch der durchbrechende Zahn allein einen die Resorptionsprozesse unterhaltenden Reiz ausüben. Ob dieser Reiz eine Folge der Druckerscheinung des hochschiebenden Zahnkeims ist, wie die meisten Autoren angeben, ist — wenigstens in diesem Falle — sehr fraglich, da hier der Zahnkeim so stark eingepreßt ist, daß ihm eine Bewegung in seiner normalen Durchbruchsrichtung nicht möglich ist, er also auch keinen Druck nach dieser Richtung mehr ausüben kann. Daß hierbei im Gegenteil eine der Durchbruchsrichtung entgegengesetzt wirkende Kraft auf den Zahnkeim in Tätigkeit sein muß, zeigt die Knochenverdichtung unterhalb der Krone des retinierten Zahnes.

Plausibler erscheint nach diesen beiden angeführten Fällen die andere Theorie, nach welcher der als Fremdkörper wirkende Schmelz als Resorptionsreiz verantwortlich gemacht werden muß, zumal die Resorptionen doch nicht nur in der Durchbruchsrichtung, sondern rund um den Kronenteil des durchbrechenden Zahnes erfolgen.

In welcher Weise sogar zurückgebliebene Milchzahnreste eine Dislokation der durchbrechenden Zähne verursachen können, zeigt der in Abb. 18 an-

geführte Fall. Das zwischen Eckzahn und durchbrechendem Prämolaren befindliche Milchzahnscherbchen wird durch den Kaudruck wie ein Keil zwischen beide Zähne eingepreßt und verursacht eine, wenn auch vielleicht nur vorübergehende Kippung des durchgebrochenen Prämolaren. Deutlich ist die nach distal auf den durchgebrochenen Prämolaren erfolgende Druckwirkung auch an seiner distalen Alveolenwand zu erkennen, wo starke Knochenverdichtung eingetreten ist.

Zusammenfassung.

Unter den Theorien über die Ursachen des Zahndurchbruchs ist denen der größte Grad von Wahrscheinlichkeit beizumessen, welche die bewegende Kraft im Zahnkeim selbst suchen. Hierbei scheint dem Einfluß der Weichsubstanz des wachsenden Zahnkeimes, der Papille, die Hauptrolle zuzufallen. Allerdings dürfte der Versuch einer rein mechanischen Erklärung des Ursprungs der Durchbruchskräfte nicht befriedigen, sondern es werden wohl innere Wachstumsvorgänge der lebenden Zelle auf den Durchbruchsvorgang Einfluß haben. Weniger wahrscheinlich ist der Einfluß der weiteren Umgebung des Zahnkeimes auf seine Austreibung.

Der Anreiz zur Resorption geht nach verschiedenen Befunden vom Zahnsäckchen des permanenten Zahnes aus und wird von diesem auf das Periodontium der Wurzel des Milchzahnvorgängers übertragen. Die Resorption am Milchzahn schreitet aber nicht gleichmäßig von der Stelle ihres ersten Anfangs über das Gebiet der ganzen Milchzahnwurzel fort, sondern kann plötzlich an einer entgegengesetzten Seite oder an beliebiger anderer Stelle sich auswirken. Die Ausbreitung erfolgt auf dem Weg über das Periodontium der Milchzahnwurzel.

Die Milchzahnpulpa beteiligt sich in ihrem apikalen Teil während des eigentlichen Durchbruchstadiums ebenfalls an der Resorptionstätigkeit. Letztere wird vorübergehend abgelöst durch Resorptionspausen, während derer sogar Zementoidanlagerung erfolgen kann.

Diese teilweise Umwandlung der Milchzahnpulpa in resorbierendes Granulationsgewebe erfolgt in verhältnismäßig spätem Stadium des Durchbruchs, wenn im Alveolengebiet der Milchzahnwurzel im Röntgenbilde bereits größere Resorptionsvorgänge sichtbar waren.

Der normale Durchbruchsverlauf ist abhängig von einem harmonischen

Zusammenwirken der Wachstumsvorgänge am Zahnkeim mit der dazugehörigen Apposition von Knochen am Boden seiner Alveole und einer ungestörten Resorptionstätigkeit über der Alveole und an der Milchzahnwurzel.

Die Resorptionen erfolgen in der Form von osteoklastischem Abbau durch Riesenzellen, deren Herkunft dem Gefäßsystem des entstehenden Granulationsgewebes zugeschrieben wird. Sie werden sichtbar am Zahn als sogenannte Howship'sche Lakunen.

Den amöboiden Riesenzellen wird die Fähigkeit einer gesteigerten Säurebildung zugeschrieben, mit deren Hilfe sie die Kalksalze der zu resorbierenden Gewebe zur Lösung bringen.

Nach den Befunden im Röntgenbilde ist der Wurzelpulpa-Theorie unter den Durchbruchstheorien die größte Wahrscheinlichkeit beizumessen. Deutlich ist auch die beim Durchbruchsbeginn einsetzende und sich bis zur Durchbruchsvollendung steigernde Knochenapposition und -Verdichtung am Boden der Alveole zu erkennen, die im späteren Stadium wieder in Spongiosa-Struktur übergeht.

Der Einfluß des Keimes der permanenten Zähne auf die Resorptionsvorgänge am Milchzahn gewinnt auch dadurch eine größere Glaubwürdigkeit, daß im Röntgenbilde die Wurzeln von Milchzähnen ohne permanenten Nachfolger immer auf der Seite die ersten Resorptionserscheinungen zeigen, die dem benachbarten bleibenden Zahnkeim zunächst liegen.

Platzmangel im Kiefer konnte als häufige Ursache von Durchbruchsstörungen im Röntgenbild nachgewiesen werden.

Interessant ist auch die Beobachtung, daß kleine Kräfte, wie z. B. durch den Kauakt eingekeilte Milchzahnscherbchen, eine Stellungsanomalie der durchbrechenden Zähne verursachen können.

Zum Schluß meiner Arbeit ist es mir ein besonderes Bedürfnis, Herrn Prof. Dr. Wannenmacher für seine liebenswürdige Unterstützung, sowie für die Überlassung seiner Präparate und die Anfertigung der Mikrophotos meinen Dank auszusprechen.

Literatur-Verzeichnis.

Aichel: „Über Kieferwachstum". Anatom. Anzeiger 1918, S. 502.

Bonnet, A.: „Beiträge zur Pathologie des Milchgebisses". Inauguraldissertation Tübingen 1931.

Constant, M. T.: „Der Durchbruch der Zähne". Österr.-Ungar. Vj. Schrift f. Zahnheilkunde. 1900.

Eichler, M., „Über Dentition" in Scheffs Handb. der Zahnheilkunde.

Jaswoin, G.: „Über den Mechanismus des Zahndurchbruchs". Refer. in Fortschr. der Zahnheilkunde 6, 2 (1930).

Kallhardt: „Beiträge zum Durchbruch der bleibenden Zähne". Österr.-Ungar. Vj. Schr. f. Zahnheilkunde. 1904.

Kantorowicz: Handwörterbuch der ges. Zahnheilkunde (1929). (Dentition und Dentitionen).

Kronfeld, R.: „Die Resorption der Milchzahnwurzeln". Deutsche Monatsschr. f. Zahnheilkunde. 1932, Heft 3.

Leist, M.: „Über einige Anomalien des Zahndurchbruchs, gesehen im Röntgenbilde." In Fortschr. der Orthodontik, Jg. 1, 1931, Heft III, S. 407.

Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde IV. Aufl. 1929.

Quintero, J. T.: „Deux cas de réinclusion de molaires caduques". Fortschr. d. Orthodontik, 1. Jahrg., Heft 1.

Wallisch, W.: „Der Durchbruch der Zähne". Österr.-Ungar. Vj. Schr. d. Zahnheilkunde. 1900, S. 264.

Wetzel: Lehrbuch der Anatomie f. Zahnärzte. 1930.

Lebenslauf.

Am 12. Februar 1900 wurde ich als Sohn des Stadtgeometers Theodor Huber in Kirchheim/Teck geboren. Ich besuchte das dortige Realprogymnasium bis zur 5. Klasse und wurde anschließend nach bestandenem Landesexamen im Jahre 1915 in die evgl. theol. Seminare nach Maulbronn und Blaubeuren aufgenommen, wo ich das Zeugnis der Reife erwarb. Von Juli bis Dezember 1918 war ich zum Württ. Feld-Art.-Regt. Nr. 65 in Ludwigsburg zum Militärdienst eingezogen. Nach zweijähriger praktischer Tätigkeit in landwirtschaftlichen Betrieben wandte ich mich von 1921 bis 1924 dem Studium der Landwirtschaft an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Hohenheim zu. Nach dort absolvierter Staatsprüfung war ich bis zum Jahre 1928 im Dienste der Landwirtschaftskammer für das Land Lippe tätig.

Im Herbst 1928 begann ich mit meinem zahnärztlichen Studium in Tübingen und legte im Sommer 1929 meine zahnärztliche Vorprüfung ab. Von meinen klinischen Semestern bis zur Staatsprüfung im Herbst 1931 verbrachte ich das Sommersemester 1930 in München, die übrigen in Tübingen.

Richard Huber.

Abb. 1. Riesenzellenresorptionen an der Wurzel eines Milchmolaren.

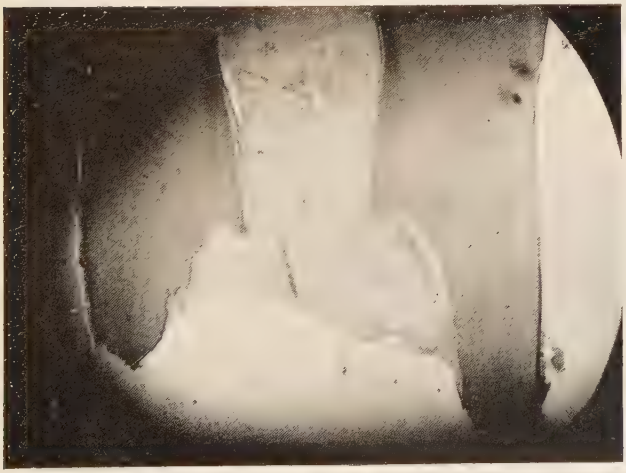

Abb. 2. Resorption und Apposition an der Wurzel eines Milch-Eckzahns (Übersichtsbild).

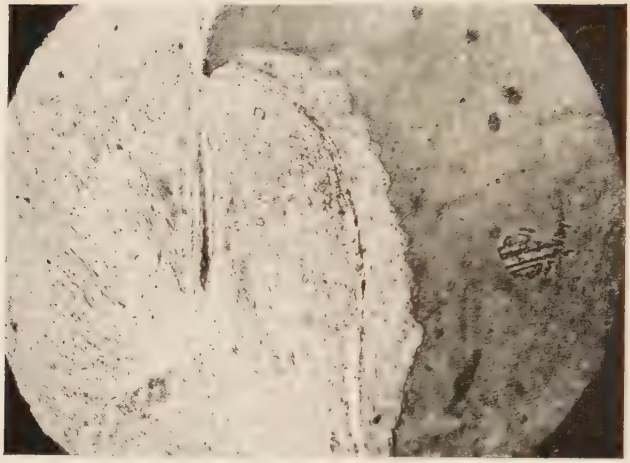

Abb. 3. Apposition von Zementoid.

Abb. 4 (7½ Jahre).

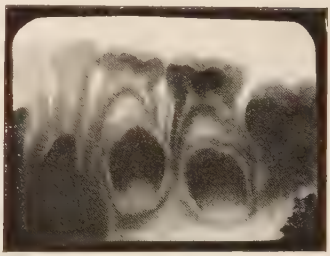

Abb. 5 (7¾ Jahre)

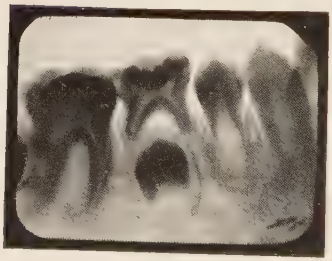

Abb. 6 (9½ Jahre).

Abb. 7 (12¾ Jahre).

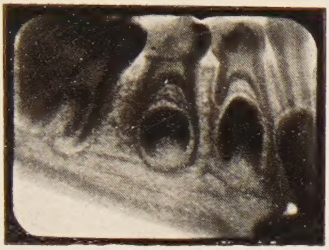

Abb. 8 (8¾ Jahre).

Abb. 9 (5⅔ Jahre).

Abb. 10 (5 Jahre).

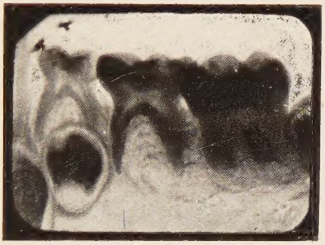

Abb. 11 (7½ Jahre).

Abb. 12 (9½ Jahre).

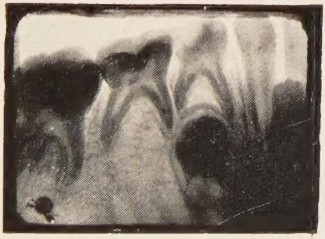

Abb. 13 (7½ Jahre).

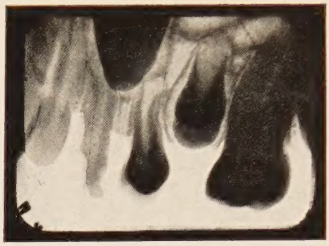

Abb. 14 (10½ Jahre).

Abb. 15 (11 Jahre).

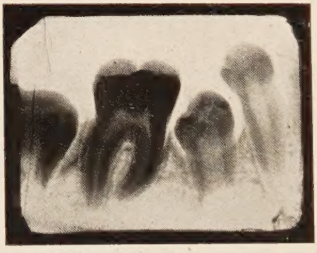

Abb. 16 (11 Jahre).

Abb. 17 (12½ Jahre).

Abb. 18 ($9^{1}/_{6}$ Jahre).